

A1

DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 76 24475

(54) Revêtement de substrats métalliques par pulvérisation à la flamme d'un mélange de poudre d'alliage métallique à base de nickel et de poudre d'aluminium.

(51) Classification internationale [Int. Cl.]. C 23 C 7/00; C 22 C 1/04, 19/05.

(22) Date de dépôt 11 août 1976, à 13 h 2 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 18 août 1975, n. 605.549 au nom de Mahesh S. Patel.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 11 du 18-3-1977.

(71) Déposant : Société dite : FUTECTIC CORPORATION, résidant aux Etats-Unis d'Amérique.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet J. Bonnet-Thirion, L. Robide et G. Foldés.

La présente invention concerne un mélange métallique en poudre à pulvériser et en particulier un mélange en poudre auto-fondant contenant un alliage à base de nickel et un procédé pour préparer un revêtement superficiel de densité et de dureté optimales sur des substrats métalliques.

On sait former des revêtements durs sur des substrats métalliques tels que l'acier en formant un revêtement d'alliage auto-fondant à base de nickel. Une composition et un procédé pour préparer ces revêtements sont décrits dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 488 205. Une composition d'alliage décrite comme convenant à la préparation de revêtements durs ayant une résistance convenable à l'usure est constituée d'environ 2,5 à 20% de chrome, environ 0,5 à 6 % de silicium, 0,5 à 5 % de bore, environ 0,2 à 6 % de fer, environ 0,01 à 0,85 % de carbone, le reste étant essentiellement du nickel.

Cependant lorsqu'on pulvérise un alliage du type précédent en particules ayant une taille moyenne comprise entre environ 150 μ m et 44 μ m, en utilisant un pistolet de pulvérisation du type décrit et revendiqué dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 620 454, il est difficile d'obtenir un dépôt n'ayant pratiquement pas de porosité et présentant une dureté optimale. L'examen des revêtements produits en utilisant ce type de pistolet de pulvérisation montre que les particules pulvérisées ne sont pas entièrement mouillées et que par conséquent elles ne forment pas de revêtements denses.

On sait ajouter un catalyseur à une poudre à pulvériser pour améliorer les caractéristiques de pulvérisation. On peut à cet égard consulter le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 2 943 951 qui concerne un procédé pour pulvériser certains types de matériaux réfractaires sur les surfaces d'un substrat. Dans un mode de réalisation on mélange des particules de silicium revêtues d'un film de dioxyde de silicium avec de l'aluminium en poudre dont la réaction avec l'oxygène est très exothermique, si bien que lorsqu'on pulvérise le mélange en poudre, le film superficiel de dioxyde de silicium est réduit par l'aluminium, ce qui provoque le frittage mutuel des particules de silicium sur la surface pulvérisée.

L'exemple 1 de ce brevet décrit un mélange de 92 % en poids de particules de MoSi_2 portant un film mince de SiO_2 , 3 % d'oxyde de cobalt et 5 % en poids de poudre d'aluminium, qu'on pulvérise

en dispersion dans du polyéthylène constituant 15 % du poids total du mélange en poudre. La taille des particules de MoSi_2 est comprise entre 5 et 10 microns et la taille des particules de la poudre d'aluminium est d'environ 40 microns, la taille des
5 particules d'aluminium étant bien supérieure à celle des particules de la poudre auxquelles on les mélange.

On a tenté d'utiliser un mélange de poudre d'aluminium en particules mesurant environ 30 microns avec un alliage à base de nickel renfermant du bore et du silicium du type décrit précédemment, en particules séparées aux tamis de 105 μm à 44 μm d'ouverture de maille (la taille moyenne des particules est d'environ
10 75 microns) dans un système de pulvérisation métallique, mais le dépôt obtenu n'est pas dense et la dureté, qui varie avec la porosité du revêtement, est faible et comprise entre environ 25 et
15 27 R_C .

On recherche donc un mélange en poudre permettant de former des revêtements d'alliage à base de nickel caractérisés par une dureté optimale et une forte densité.

L'invention a pour objet :

- 20 - un mélange en poudre amélioré renfermant une poudre d'alliage à base de nickel ; et
- un procédé pour préparer un revêtement dur d'alliage à base de nickel sur des substrats métalliques caractérisé par une densité et une dureté optimales.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit faite en regard des dessins annexés dans lesquels :
25 - les figures 1 et 2 représentent des photomicrographies, prises avec un grossissement de 100, d'un revêtement métallique pulvérisé produit dans le cas de la figure 1 selon un procédé:
30 sortant du cadre de l'invention et dans le cas de la figure 2 selon l'invention.

- les figures 3 et 4 représentent des photomicrographies semblables à celles des figures 1 et 2, mais avec un grossissement de 300 ;

- 35 - la figure 5 illustre un mélangeur que l'on peut utiliser pour mélanger les poudres ;

- la figure 6 illustre un mode de réalisation d'un chalumeau de pulvérisation pour pulvériser le matériau de revêtement amélioré de l'invention ;

- 40 - la figure 7 représente une courbe montrant la relation

entre le nombre des particules d'aluminium par particule d'un alliage à base de nickel (en ordonnées) et la taille moyenne des particules de poudre d'aluminium exprimée en microns (en abscisses) ;

- 5 les figures 8 et 9 représentent des photomicrographies respectivement à un grossissement de 100 et de 300, d'un revêtement métallique pulvérisé obtenu avec un mélange de poudres renfermant de la poudre d'aluminium relativement grossière.

- 10 On a découvert que l'on peut former des revêtements très denses de dureté optimale en utilisant un alliage autofondant à base de nickel, à condition de mélanger à la poudre d'alliage à base de nickel une quantité faible mais efficace de poudre d'aluminium avant d'effectuer la pulvérisation sur un substrat métallique tel que de l'acier.

- 15 Pour obtenir les résultats désirés, il est important qu'il existe une certaine relation entre la taille des particules de poudre d'aluminium et la taille des particules de poudre d'alliage à base de nickel, le rapport de la taille moyenne des particules de poudre d'alliage à base de nickel à la taille moyenne
20 des particules de poudre d'alliage d'aluminium étant supérieur à 5/1, de préférence compris entre environ 7/1 et 35/1 pour une poudre d'aluminium constituée de particules ayant une taille moyenne inférieure à 15 microns et de préférence inférieure à environ 13 ou 10 microns.

- 25 La poudre d'alliage à base de nickel, qu'on utilise comme alliage autofondant, renferme environ 2,5 % à 20 % de chrome, 0,5 % à 6 % de silicium, 0,5 % à 5 % de bore, jusqu'à environ 1 % de carbone, jusqu'à environ 10 % de fer, le reste étant constitué essentiellement de nickel, la taille moyenne des particules
30 de la poudre étant supérieure à 44 μ m et inférieure à 150 μ m. On préfère en particulier que la taille moyenne des particules soit supérieure à 44 μ m et inférieure à 105 μ m. On préfère une poudre d'alliage à base de nickel atomisée car elle s'écoule facilement
35 par gravité pour pénétrer dans la flamme du chalumeau de pulvérisation du type illustré par la figure 6. De préférence l'alliage à base de nickel renferme environ 10 % à 20 % de chrome, environ 2 % à 6 % de silicium, environ 1,5 % à 5 % de bore, jusqu'à environ 1 % de carbone, jusqu'à environ 10 % de fer, le reste étant essentiellement du nickel.

- 40 Il est important, pour produire le mélange, d'associer inti-

mement à la surface de la poudre d'alliage à base de nickel, une quantité faible mais efficace d'aluminium. La quantité d'aluminium ajoutée peut être comprise entre environ 0,5 % et 5 % du poids total du mélange et elle est de préférence comprise entre environ 1 % et 4 % en poids, Ceci correspond respectivement à environ 1 à 15 % en volume et 3 à 11 % en volume.

L'emploi de la poudre d'aluminium dans la gamme de compositions précitée présente l'avantage d'accroître la chaleur des particules d'alliage à base de nickel à pulvériser, car la chaleur d'oxydation de l'aluminium est élevée. La surchauffe des particules est suffisante pour produire des revêtements très denses.

Lorsque l'aluminium réagit avec l'oxygène à température élevée, il libère une quantité importante de chaleur d'oxydation. On utilise pratiquement totalement la chaleur additionnelle lorsque l'aluminium mélangé à l'alliage atomisé à base de nickel est associé intimement à la surface des particules. Il semble que le mélange mécanique de la poudre dans des rapports corrects des tailles des particules provoque l'association de la poudre fine d'aluminium à la surface de la poudre d'alliage à base de nickel sous l'effet de forces électrostatiques. La poudre fine d'aluminium suit ainsi la poudre d'alliage à base de nickel lors de la pulvérisation avec un minimum de ségrégation et s'oxyde de façon exothermique pour apporter la chaleur additionnelle servant à surchauffer la poudre d'alliage à base de nickel.

Un procédé permettant d'obtenir le mélange désiré consiste à mélanger les poudres dans un mélangeur biconique du type illustré par la figure 5, commercialisé sous le nom de ROTA-CONE. Le mélangeur 10 est constitué de deux cônes creux 11 et 12 dont les bases 11A et 12A sont unies par une partie cylindrique creuse 13. Le mélangeur comporte des arbres 14 et 15 disposés horizontalement sur ses côtés et dont un dispositif d'entraînement peut assurer la rotation. Ce type de mélangeur présente l'avantage d'assurer un mélange intime des poudres.

Comme précédemment indiqué, pour obtenir le mélange désiré, il est important que le rapport de la taille moyenne des particules de la poudre d'alliage à base de nickel à la taille moyenne des particules de la poudre d'aluminium soit supérieur à 5/1 et, de préférence, compris dans la gamme d'environ 7/1 à 35/1. On préfère également que la matière à mélanger renferme en moyenne au moins 5 particules d'aluminium par particule d'alliage à base

de nickel pour une taille moyenne des particules d'aluminium inférieure à environ 15 microns. La relation préférée est illustrée par la figure 7. Par exemple pour une taille moyenne des particules d'aluminium d'environ 10 microns et un alliage à base de nickel en particules d'environ 75 microns, il y a en moyenne entre 12 et 13 particules d'aluminium par particule d'alliage à base de nickel. Pour une taille moyenne des particules d'aluminium d'environ 14 microns, le nombre moyen des particules d'aluminium par particule de la poudre d'alliage à base de nickel est supérieur à 5.

10 On a constaté que lorsqu'on tente de mélanger une poudre d'aluminium en particules mesurant en moyenne environ 30 microns avec un alliage à base de nickel en particules mesurant en moyenne 75 microns (le rapport des tailles des particules de la poudre d'alliage à base de nickel et de la poudre d'aluminium est d'environ 2,50/1), on ne peut obtenir les résultats améliorés de l'in-

15 vention.

Comme précédemment indiqué, on utilise la poudre de nickel de préférence sous une forme atomisée. Une composition particulière renferme en poids 11 % de chrome, 3 % de silicium, 2 % de bore, 20 3 % de fer, le reste étant essentiellement du nickel, la poudre étant généralement considérée comme une poudre grossière séparée aux tamis de 105 μ m et 44 μ m d'ouverture de maille, au maximum 15 % environ passant au tamis de 44 μ m et 5 % environ au maximum étant retenus au tamis de 105 μ m.

25 On pulvérise de préférence cette poudre avec un chalumeau à alimentation par gravité du type illustré par la figure 6. Pour utiliser ce chalumeau de pulvérisation, on prépare la composition en poudre suivante.

On mélange environ 99 % en poids de poudre d'alliage à base de nickel atomisée, séparée aux tamis d'environ 105 et 44 μ m d'ouverture de maille, avec une taille moyenne des particules d'environ 75 microns, avec 1 % en poids de poudre d'aluminium atomisée en particules mesurant en moyenne 10 microns, l'alliage à base de nickel étant constitué d'environ 11 % de chrome, 2 % de bore, 3 % de silicium, 3 % de fer, le reste étant du nickel. On effectue le mélange dans le mélangeur ROTO-CONE illustré par la figure 5.

30 Pour une charge de 45 à 450 kg, on utilise une durée de mélange d'environ 20 à 60 mn. De façon typique, la charge est constituée d'environ 4 kg d'aluminium et 268 kg de poudre d'alliage. Ceci

40 correspond à environ 1,5 % d'aluminium. On utilise un excès

d'aluminium pour compenser les pertes dues à l'adhérence au mélangeur. Le rapport de la taille moyenne des particules de l'alliage à base de nickel (75 nm) à la taille moyenne des particules d'aluminium (10 nm) est de 7,5/1. Pour ce rapport des tailles

5 il existe environ 12 à 13 particules d'aluminium par particule d'alliage à base de nickel. Cette composition est avantageuse car elle permet un mélange uniforme de la poudre et l'obtention d'une poudre à pulvériser dans laquelle l'aluminium est associé intimement aux surfaces de la poudre d'alliage à base de nickel. L'exis-

10 tence d'un halo à forte densité de petites particules d'aluminium entourant chaque particule d'alliage à base de nickel pendant la pulvérisation assure l'apport à chaque particule d'alliage à base de nickel d'une quantité de chaleur additionnelle due à l'oxydation de l'aluminium. Ce phénomène ressort des photomicrographies

15 jointes.

En utilisant le mélange précédent, on obtient sur une plaque d'acier 1020, un revêtement pulvérisé épais de 1,5 mm. On forme un revêtement pulvérisé témoin en utilisant la poudre d'alliage à base de nickel sans lui ajouter d'aluminium.

20 Le chalumeau de pulvérisation par flamme 25 illustré par la figure 6 comporte une alimentation directe par gravité du mélange en poudre dans la flamme sortant de la buse. Le chalumeau comporte un logement pentagonal dont une branche 27 sert de poignée, une branche 28 sert de base, une branche 29 sert de portion d'alimen-

25 tation et la dernière branche 30 constitue la partie supérieure du chalumeau. Le logement 26 est uni à un ensemble d'alimentation en poudre 31 et un ensemble de production de flamme 32 comportant la buse 33 munie de plusieurs orifices 33A de passage de gaz disposés sur la surface conique adjacente à la pointe de la buse.

30 La partie supérieure 30 est munie d'un raccord 34 conçu pour recevoir un récipient 35 contenant la poudre d'alliage, un dispositif mesureur, constitué d'une plaque de commande d'alimentation 36 coulissant dans une encoche 37, située dans la partie supérieure 30 du logement en-dessous du raccord 34, permettant de régler

35 l'alimentation en poudre. La plaque 36 comporte un bouton 38 faisant saillie vers le haut, au-dessus du logement et permettant de faire glisser la plaque 36 pour la rapprocher ou l'éloigner de la portion d'alimentation 29 du logement.

On sait que les poudres métalliques utilisées dans les chalumeaux de métallisation ont des compositions variables, sont cons-

40

tituées de particules mesurant 707 microns ou plus fines, et que ces poudres ont des débits différents. On obtient une pulvérisation optimale des poudres pour une utilisation particulière avec des densités de pulvérisation des poudres déterminées dépendant
25 des débits des poudres. On obtient les meilleurs résultats en utilisant un écoulement direct par gravité qu'on détermine expérimentalement pour chaque poudre. On a constaté qu'on peut maintenir pratiquement constants, pour une taille des particules comprise entre 297 et 37 μ m, le débit et la vitesse de pulvérisation de diverses poudres d'alliage s'écoulant librement par gravité à travers des orifices circulaires ayant une taille comprise
10 entre 1,9 et 3,0 mm.

Pour obtenir le débit désiré, on aligne de façon sélective la plaque d'alimentation 36 avec l'orifice 39 d'écoulement de la
15 poudre, de façon à régler le débit de la poudre du récipient 35 à travers l'orifice 39, le conduit 40 et l'ensemble de régulation de la pulvérisation 41. L'ensemble 41 comporte un logement 42 maintenant un tube d'alimentation de poudre 43 et ayant un cylindre creux central 44 coulissant de façon télescopique dans le
20 tube d'alimentation 43 et communiquant directement avec le conduit d'écoulement de la poudre 40 pour apporter la poudre directement par gravité au tube d'alimentation 43 et la faire sortir par l'extrémité 45. Une partie de la surface extérieure du tube d'alimentation 43 est munie de dispositifs de réglage ou de rainures 46 qui, par l'intermédiaire d'un dispositif de verrouillage
25 47, permettent de régler le tube d'alimentation en poudre 43 pour que son extrémité de sortie 45 soit située à la distance correcte de l'extrémité de la buse 33 produisant la flamme. Le dispositif de verrouillage est constitué d'une tige de maintien 48 qui est
30 normalement repoussée contre une des rainures de réglage 46 par le ressort 49, la tige de retenue 48 étant déplacée par le poussoir 50 lorsqu'on effectue le réglage. En appuyant sur le poussoir 50, on dégage la tige de la rainure de réglage et on règle le tube 43 dans la position désirée. Cette position peut être
35 fixée à l'usine et ne pas nécessiter de réglage ultérieur.

L'ensemble 32 de production de flamme est porté par un élément coulissant 51 que l'on peut déplacer et verrouiller sur une glissière 52 de la branche inférieure du logement 26 et qui comporte une tige de verrouillage 51A. Le tube d'écoulement de gaz
40 53 est assujéti à l'élément coulissant 51 et peut être réglé

en usine, une extrémité du tube comportant un raccord 54 permettant de le réunir à une source d'oxygène et d'acétylène.

Pour pulvériser la poudre d'alliage, on utilise une flamme oxyacétylénique classique semblable à celle normalement utilisée pour la pulvérisation à la flamme.

On pulvérise la poudre d'alliage sans lui mélanger d'aluminium sur une plaque d'acier 1020 avec une épaisseur d'environ 1,5 mm. On pulvérise un revêtement semblable en utilisant la poudre d'alliage mélangée à la poudre d'aluminium.

10 Les résultats obtenus montrent que la qualité et les propriétés du revêtement selon l'invention sont supérieures à celles du revêtement obtenu sans mélange avec la poudre d'aluminium. Ceci ressort nettement de l'examen des figures 1 à 4 qui sont des photomicrographies prises avec un grossissement de 100 ou 300.

15 La figure 1 (grossissement de 100) montre un revêtement d'alliage à base de nickel sans aluminium qui a une structure très poreuse due à la présence de particules non fondues et à une fusion médiocre dans le revêtement. La dureté moyenne du revêtement pulvérisé est comprise entre 22 et 25 R_C. La figure 3 montre le même revêtement avec un grossissement de 300, les particules pulvérisées ayant conservé pratiquement leur individualité.

D'autre part, lorsqu'on pulvérise le mélange d'alliage à base de nickel et d'aluminium, la porosité diminue considérablement comme le montrent la figure 2 (grossissement de 100) et 25 mieux la figure 4 (grossissement de 300). La dureté du revêtement, qui est bien supérieure, est comprise entre environ 35 et 39 R_C.

L'analyse du revêtement produit selon l'invention montre qu'il n'y a pratiquement pas d'aluminium déposé, ce qui indique que l'aluminium est pratiquement totalement oxydé lors de la pulvérisation en fournissant sa chaleur à l'alliage à pulvériser. 30 On observe dans le revêtement de faibles traces d'oxyde d'aluminium.

L'examen topologique montre que la surface du revêtement produit selon l'invention est uniforme, ce qui indique une fusion 35 pratiquement complète de l'alliage, tandis que le revêtement sortant du cadre de l'invention ne présente qu'une fusion partielle des particules d'alliage à base de nickel.

Dans un essai où l'on mélange 2 % d'aluminium à l'alliage Ni-Cr-Si-B, le revêtement présente une dureté d'environ 45 R_C. 40 La microstructure du revêtement est pratiquement dépourvue de

pores.

L'importance de la régulation de la taille des particules ressort de l'essai suivant.

- On mélange environ 1 % en poids d'une poudre d'aluminium
- 5 atomisée en particules mesurant en moyenne 30 microns (entre 37 et 20 microns) avec 99 % d'une poudre d'alliage à base de nickel atomisée en particules mesurant environ 75 microns (11 % de chrome, 3 % de silicium, 2 % de bore, 3 % de fer, le reste étant essentiellement du nickel) pendant 30 mn. On pulvérise le mélange
- 10 en poudre sur une plaque d'acier 1020 en utilisant le chalumeau illustré par la figure 6. On obtient un revêtement poreux épais d'environ 1,5 à 2,0 mm illustré par les figures 8 (grossissement 100) et 9 (grossissement 300). Il convient également de noter qu'une partie de l'aluminium n'est pas oxydée mais est sous forme
- 15 de particules dans le revêtement d'alliage à base de nickel. Une partie de la poudre d'alliage à base de nickel n'a pas fondu, ce qui indique que la poudre grossière d'aluminium ne fournit pas suffisamment de chaleur d'oxydation pour fondre les particules d'alliage. De plus le rapport des tailles moyennes des particules
- 20 d'alliage à base de nickel et des particules d'aluminium, qui est de 75/30, soit 2,5/1, est trop faible.

Il est entendu que les dispositions décrites et représentées pourront se prêter et donner lieu à des modifications et variantes sans sortir, pour autant, du cadre de l'invention.

REVENDECATIONS

1. Poudre métallique mélangée à pulvériser caractérisée en ce qu'elle a la propriété de former un revêtement dense sur un substrat métallique et en ce qu'elle est constituée de : une pou-
 5 dre d'alliage à base de nickel mélangée intimement à de la poudre d'aluminium, la majeure partie de cette poudre d'alliage à base d'aluminium étant en particules mesurant en moyenne environ 150 μ m à 44 μ m, cette poudre d'alliage à base de nickel renfermant en poids environ 2,5% à 20 % de chrome, 0,5 % à 6 % de sili-
 10 cium, 0,5 % à 5 % de bore, jusqu'à environ 1 % de carbone, jusqu'à environ 10 % de fer, le reste étant essentiellement du nickel, la surface de cette poudre d'alliage à base de nickel étant asso-
 ciée intimement avec environ 0,5 % à 5 % en poids de poudre d'aluminium en particules mesurant moins de 15 microns, le rapport
 15 de la taille moyenne des particules de la poudre d'alliage à base de nickel à la taille moyenne des particules de la poudre d'aluminium étant supérieur à 5/1.
2. Poudre métallique mélangée selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit rapport des tailles moyennes des
 20 particules des poudres est compris entre environ 7/1 et 35/1.
3. Poudre métallique mélangée selon la revendication 2, caractérisée en ce que la taille moyenne des particules de la poudre d'aluminium est inférieure à environ 13 microns.
4. Poudre métallique mélangée selon la revendication 2,
 25 caractérisée en ce que l'alliage à base de nickel est constitué d'environ 10 à 20 % de chrome, d'environ 2 à 6 % de silicium, d'environ 1,5 % à 5 % de bore, jusqu'à 1 % de carbone, jusqu'à 10 % de fer, le reste étant essentiellement du nickel.
5. Procédé pour pulvériser à la flamme sur un substrat mé-
 30 tallique une poudre autofondante d'alliage à base de nickel, sous forme de revêtement de densité élevée et de dureté optimale, caractérisé par les opérations consistant à préparer l'alliage à base de nickel en le mélangeant intimement avec environ 0,5 à 5 % en poids de poudre d'aluminium de taille moyenne de particules
 35 inférieure à 15 microns, la majeure partie de l'alliage à base de nickel ayant une taille de particules comprise environ entre 44 et 150 microns, l'alliage à base de nickel contenant en pourcentages pondéraux approximatifs 2,5 à 20 % de Cr, 0,5 à 6 % de Si, 0,5 à 5 % de B, 0 à 1 % de C, 0 à 10 % de Fe, le reste étant es-
 40 sentiellement Ni, le rapport de la taille moyenne de particules

de poudre d'alliage à base de nickel à celle de la poudre d'aluminium étant supérieur à 5/1, la poudre d'aluminium étant intimement associée à la surface de la poudre d'alliage à base de nickel, et à pulvériser à la flamme ledit mélange de poudres

5 sur un substrat métallique, en obtenant ainsi un revêtement d'alliage à base de nickel, de densité élevée et de dureté optimale.

6. Procédé suivant la revendication 5, dans lequel ledit rapport de tailles moyennes de particules se situe environ entre

10 7/1 et 35/1.

7. Procédé suivant la revendication 6, dans lequel la taille moyenne de particules de la poudre d'aluminium est inférieure à 13 microns environ.

8. Procédé suivant la revendication 6, dans lequel la composition de la poudre d'alliage à base de nickel comprend, en

15 pourcentages pondéraux approximatifs, 10 à 20 % de Cr, 2 à 6 % de Si, 1,5 à 5 % de B, 0 à 1 % de C, 0 à 10 % de Fe, le reste étant essentiellement Ni.

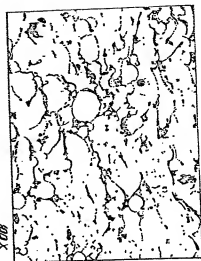


FIG.1

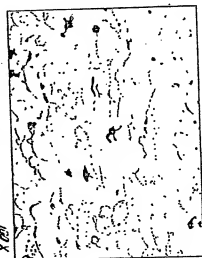


FIG.2



FIG.3

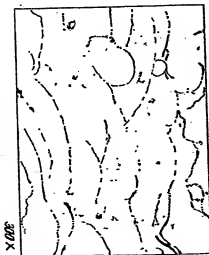


FIG.4

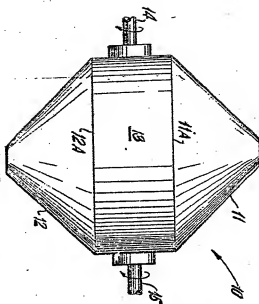


FIG. 5

Nombre de particules d'aluminium
par particule d'alliage à base
de nickel

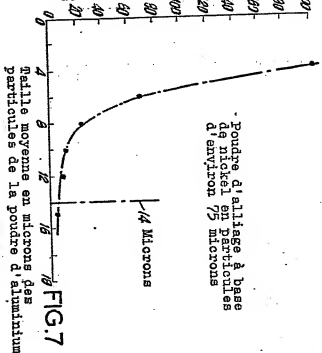


FIG. 7

Poudre d'alliage à base
de nickel en particules
d'environ 75 microns

Parti-
cule
non
fondue



FIG. 8

Pore
Particules
d'aluminium
Particule
non fondue



FIG. 9

Taille moyenne en microns des
particules de la poudre d'aluminium

FIG 6

